

**STUDI IMPLEMENTASI TEKNOLOGI DWDM UNTUK
MENDUKUNG PERENCANAAN SISTEM LAYANAN
VOICE, DATA DAN INTERNET PADA JARINGAN
TELEKOMUNIKASI STUDI KASUS PADA
TELKOM RIAU DARATAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

MUHAMMAD ARIF
10355023166



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI IMPLEMENTASI TEKNOLOGI DWDM UNTUK MENDUKUNG PERENCANAAN SISTEM LAYANAN VOICE, DATA DAN INTERNET PADA JARINGAN TELEKOMUNIKASI STUDI KASUS PADA TELKOM RIAU DARATAN

TUGAS AKHIR

Oleh :

MUHAMMAD ARIF
10355023166

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
Di Pekanbaru, pada tanggal 02 Maret 2010

Pembimbing I

Pembimbing II

EDMOND FEBRINICKO ARMAY, S.Si., M.T
NIP: 150 408 786

SUTOYO, ST
NIK: 130 508 080

Koordinator Tugas Akhir

EDMOND FEBRINICKO ARMAY, S.Si., M.T
NIP. 150 408 786

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI IMPLEMENTASI TEKNOLOGI DWDM UNTUK Mendukung PERENCANAAN SISTEM LAYANAN VOICE, DATA DAN INTERNET PADA JARINGAN TELEKOMUNIKASI STUDI KASUS PADA TELKOM RIAU DARATAN

TUGAS AKHIR

Oleh :

MUHAMMAD ARIF
10355023166

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim – Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 03 Februari 2010

Pekanbaru, Maret 2010
Mengesahkan,

Plt. Dekan

**a.n. Ketua Jurusan
Sekretaris Jurusan**

Dr. Hj Yenita Morena, M.Si
NIP : 19601125 198503 2 002

Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP: 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Zulfatri Aini, S.T.,M.T _____

Sekretaris : Edmond Febrinicko Armay, S.Si., M.T _____

Penguji I : Zulfatri Aini, S.T., M.T _____

Penguji II : Mulyono, S.T _____

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim – Riau ialah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim – Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, Maret 2010

Yang membuat pernyataan,

MUHAMMAD ARIF

PERSEMBAHAN

*Laporan Tugas Akhir ini kupersembahkan buat kedua orang tua ku,
sahabat – sahabat dan orang – orang yang tersayang.*

*“....maha suci engkau (ya Allah), tidak ada yang kami ketahui selain dari apa yang
telah engkau ajarkan kepada kami. Sesungguhnya engkau lah yang
maha mengetahui lagi maha bijaksana”.*

*“Berusahalah maksimal untuk mendapatkan apa yang bermanfaat bagimu dan
mintalah bantuan Allah Azza wa Jalla serta jangan kamu lemah jika kamu tertimpa
sesuatu (yang tidak kamu senang), maka jangan kamu berkata, “Andai saya berbuat
begini, maka tentu akan begini dan begitu....”, tetapi katakanlah “Allah SWT sudah
mentaqdirkan apa saja yang Dia inginkan maka dia akan lakukan.....”*

(H.R Muslim).

*“Ya Allah perbaiki bagiku agamaku yang menjadi sandaran urusanku, perbaikilah
bagiku duniaku yang padanya kehidupanku, perbaikilah akhiratku yang padanya
tempat kembaliku, jadikanlah kehidupan ini sebagai tambahan bagiku dalam segala
kebaikan dan jadikanlah kematian (ku) istirahat bagiku dari segala keburukan.”*

(HR.Muslim)

*Ya Allah, aku meminta perlindunganMu dari ilmu yang tidak bermanfaat,
dari hati yang tidak khusu’, dari jiwa yang tidak pernah
puas dan dari do’a yang tidak dikabulkan”.*

(Shahih Muslim dari Zaid bin Arqom).

Semoga laporan ini bermanfaat. Amiin...

**STUDI IMPLEMENTASI TEKNOLOGI DWDM UNTUK MENDUKUNG
PERENCANAAN SISTEM LAYANAN VOICE, DATA DAN INTERNET
PADA JARINGAN TELEKOMUNIKASI STUDI KASUS PADA TELKOM
RIAU DARATAN**

Muhammad Arif
10355023166

Tanggal Sidang : 03 Februari 2010

Periode Wisuda : 25 Februari 2010

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
JL. Soebrantas No. 155 Pekanbaru**

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang telekomunikasi mengalami kemajuan yang sangat pesat, sehingga membutuhkan kapasitas *bandwidth* yang besar. Dalam mengembangkan layanan PT Telkom Riau Daratan melakukan inovasi dan perubahan terhadap sistem jaringan.

Dalam sebuah jaringan pada PT Telkom Riau Daratan telah menggunakan media transmisi optik yang dapat mengirimkan data dengan cepat dan kapasitas yang besar. Pada mulanya menerapkan sistem yang dikenal dengan SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) dengan membagi data menjadi beberapa *e1* dengan kapasitas satu *e1* adalah 2 Mbit. Dalam menambah suatu jaringan baru maka dibutuhkan suatu perangkat baru dengan mengeluarkan biaya yang besar. Oleh karena itu PT Telkom Riau Daratan telah menemukan sistem dengan membagi data menjadi beberapa gelombang yang dikenal dengan *wavelength division multiplexing* (WDM).

Pada sistem *wavelength division multiplexing* WDM juga memiliki kelemahan karena hanya menghasilkan beberapa panjang gelombang saja sehingga keluaran juga masih kecil dan tidak cocok untuk menghadapi jaringan *broadband* yang memerlukan data yang besar.

Untuk itu dilakukan suatu studi tentang teknologi DWDM sehingga menjadi acuan untuk menerapkan teknologi ini pada sistem berikutnya. Dari studi penelitian didapat bahwa sebuah sistem yang ada di wilayah Pekanbaru cukup memenuhi kebutuhan *bandwidth* sampai 2012

Kata Kunci : *DWDM*, WDM, SDH

***STUDY DWDM TECHNOLOGY IMPLEMENTATION PLAN FOR
SUPPORTING VOICE SERVICE SYSTEM, DATA AND INTERNET
TELECOMMUNICATIONS NETWORK TO STUDY AT PT. TELKOM RIAU***

MUHAMMAD ARIF
10355023166

Date of Final Exam : 03 February 2010

Graduation Cremony Priod : 25 February 2010

Electronic Engineering Departement
Faculty of Since and Tecnology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Growth of technology in the field of natural telecommunications very fast progress, so that require capacities bandwith big. In developing service of PT Telkom Riau Continent innovate and change to network system.

In a network PT Telkom Riau Continent have used optic transmission media able to deliver data swiftly and big capacities. In the begining apply recognized system with SDH (Synchoronous Digital Hierarchy) by dividing data become some e1 with capacities one e1 is 2 Mbit. In adding a new network hence required a new peripheral by releasing the expense of big. Therefore PT Telkom Riau Continent have found system by dividing data become some waving which is recognized with wavelength division multiplexing (WDM).

A system wavelength division multiplexing WDM also have weakness because only yielding some just wavelength so that output also still incompatible and small for the network of broadband needing big data.

Is for that conducted by a study about technology of DWDM so that become reference to apply this technology a next system. Of research study got that a system exist in region of Pekanbaru enough fulfill requirement of bandwith until 2012

Keyword : DWDM, WDM, SDH

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penulisan.....	I-2
1.5 Metodologi Penelitian	I-2

1.6	Sistematika Penulisan	I-3
-----	-----------------------------	-----

BAB II LANDASAN TEORI

2.1	Saluran transmisi serat optik	II-1
2.1.1	Jenis-jenis serat optik	II-1
2.1.2	Konsep cahaya dalam serat optik.....	II-3
2.1.3	Modulasi optik	II-4
2.1.4	Teknik modulasi optik	II-4
2.2	WDM (<i>wavelength division Multiplexing</i>)	II-5
2.3	DWDM (<i>wavelength division Multiplexing</i>)	II-7
2.3.1	Pengertian DWDM	II-7
2.3.2	Pemilihan DWDM	II-10
2.3.3	Keunggulan DWDM.....	II-11
2.3.4	Teknik operasional DWDM.....	II-12
2.3.5	Komponen Penting pada DWDM.....	II-13
2.3.6	<i>Channel spacing</i>	II-16
2.3.7	Aplikasi DWDM.....	II-18

BAB III Analisis Sistem

3.1	Topologi Jaringan	III-1
3.2	Kapasitas <i>Bandwidth</i>	III-3
3.3	Formula DWDM.....	III-5
3.4	Spasi Kanal	III-7
3.5	Studi Kelayakan	III-9

BAB IV HASIL ANALISIS

4.1	Pertumbuhan Pelanggan	IV-1
4.2	Pertumbuhan Estimasi <i>bandwidth</i>	IV-2
4.3	Pemasangan <i>core</i>	IV-2
4.4	Efisiensi Trafik.....	IV-3
4.5	Penambahan Perangkat	IV-4

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin majunya dunia terlihat dari tumbuh dan berkembangnya teknologi. Kemajuan teknologi khususnya dalam bidang telekomunikasi sangat berkembang pesat. Untuk melakukan sebuah layanan yang baik diperlukan sarana komunikasi dengan *bandwidth* yang besar dengan kecepatan tinggi sehingga mempermudah *user* dalam menggunakan aplikasi baru yang diberikan oleh sebuah layanan.

Di dalam sistem telekomunikasi keterbatasan utama yang menjadi hal yang umum adalah *spectrum* dan *bandwidth*. Namun adanya keterbatasan tidak selalu berdampak buruk pada perkembangan di bidang telekomunikasi karena hal ini akan mendorong lahirnya teknologi baru.

Serat optik sebagai media transmisi berkecepatan tinggi untuk meningkatkan kualitas media transmisi berusaha mengantisipasi kebutuhan *bandwidth* yang besar salah satunya mengembangkan teknologi *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*) dengan membagi data beberapa e1 dengan setiap e1 memiliki *bandwidth* adalah 2 Mbit dengan sistem terbesar adalah *Synchronous Transport Module 4* (STM 4). STM ini terbentuk dari penggabungan frame – frame dengan rate tertentu, SDH memiliki standar bit rate 155, 520 Mbps atau biasa disebut STM-1. Frame STM-1 merupakan basic frame dari SDH yang kemudian secara berturut turut bias dijadikan STM-4 atau STM-16. Pada sistem (*Synchronous Transport Module*), yaitu :

- STM 1 (155 Mbps atau 155, 520 Mbps)
- STM 4 (622 Mbps atau 622, 080 Mbps)
- STM 16 (2,5 Mbps atau 2.448,320 Mbps)

Sistem ini mengalami kelemahan disamping data keluaran masih Mbit dan juga dalam menambah jaringan baru membutuhkan perangkat baru sehingga menghabiskan biaya yang besar.

Untuk itu lahirlah sebuah teknologi dengan menerapkan pembagian data menjadi beberapa gelombang yang dikenal dengan WDM. Namun sistem ini juga memiliki

kelemahan disebabkan keluaran panjang gelombang yang dihasilkan hanya beberapa saja kemudian lahirlah yang dikenal DWDM.

Pada mulanya merupakan teknologi WDM yang merupakan cikal bakal lahirnya DWDM, berkembang dari keterbatasan yang ada pada sistem optik, dimana pertumbuhan trafik pada sejumlah jaringan *backbone* mengalami percepatan yang tinggi sehingga kapasitas jaringan cepat terisi.

Terpenuhinya ketersediaan *bandwidth* merupakan suatu kendala dalam menghadapi suatu jaringan *broadband* seperti data, voice dan video yang memerlukan kapasitas yang sangat besar. Maka perlu dilakukan studi tentang penerapan teknologi baru yakni DWDM untuk mendukung perencanaan sistem layanan voice, data dan internet sehingga didapat keluaran *bandwidth* yang besar tanpa mengganti perangkat teknologi WDM yang sudah ada.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana melakukan studi implementasi teknologi DWDM untuk mendukung perencanaan sistem layanan voice, data dan internet pada jaringan telekomunikasi pada PT Telkom Ridar.

1.3 Batasan Masalah

1. Menentukan kebutuhan *bandwidth* (perencanaan pemakaian kebutuhan *bandwidth*) pada jaringan PT. Telkom Ridar sampai tahun 2012.
2. Objek lokasi pada jaringan telekomunikasi PT Telkom Riau Daratan
3. Menentukan efisiensi penggunaan *fiber*
4. Spesifikasi data dari Telkom hanya data dan *voice*.

1.4 Tujuan Penelitian

Melakukan Studi implementasi teknologi DWDM untuk mendukung perencanaan sistem layanan voice, data dan internet pada jaringan telekomunikasi pada PT Telkom Ridar, sehingga pemanfaatan bandwidth optik yang besar dapat secara efisien.

1.5 Metodologi Penelitian

1. Studi Kepustakaan dengan mengambil sumber dari *literature*
2. Studi implementasi

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum dan singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai teori pendukung dari studi implementasi

BAB III ANALISIS SISTEM

Bab ini berisi pembahasan mengenai analisis sistem

BAB IV Hasil Analisis

Bab ini berisi mengenai hasil analisis dari sistem

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian program simulasi dan saran yang didapat dari hasil simulasi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Saluran Transmisi Serat Optik

Serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain dengan kapasitas yang besar dan tingkat keandalan yang tinggi. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar dari pada indeks bias dari udara. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.

Sistem transmisi serat optik ini mempunyai beberapa kelebihan, antara lain :

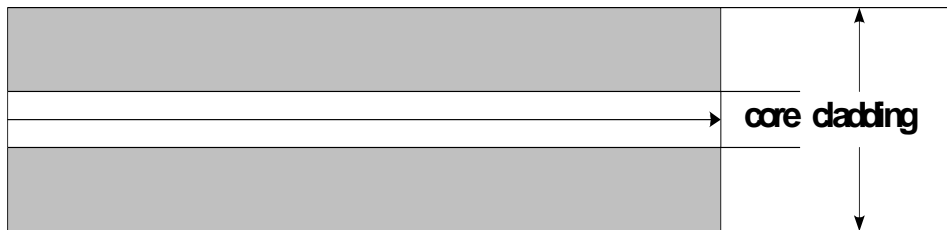
- Redaman transmisi yang kecil.
- Bidang frekuensi yang lebar
- Ukurannya kecil dan ringan
- Tidak ada interferensi

2.1.1 Jenis – jenis serat optik

Berdasarkan arah lintasan biasanya maka jenis serat optik dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Single Mode Fiber

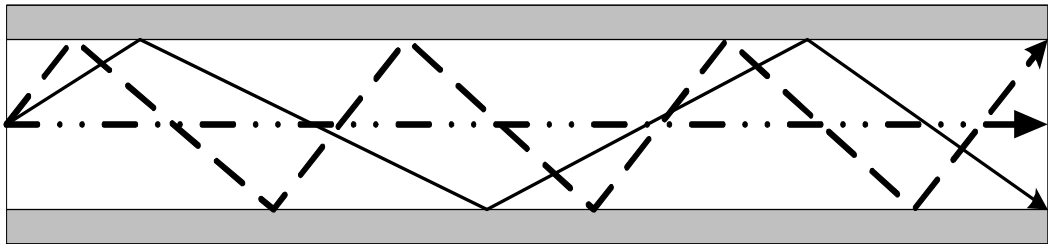
Digunakan untuk transmisi jarak jauh karena memiliki rugi –rugi transmisi yang sangat kecil dan band frekuensi yang lebar. Pada tipe jenis serat optik menggunakan sumber cahaya yaitu laser sehingga dapat menyampaikan informasi yang sangat jauh dan sedikit menggunakan regenerator.



Gambar 2.1. *Single Mode*

2. *Multimode step index fiber*

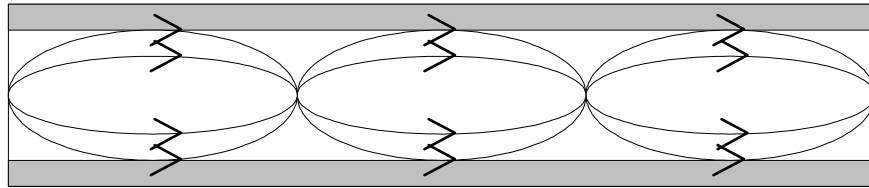
Digunakan untuk transmisi jarak dekat karena menggunakan sumber cahaya berupa LED dengan ukuran intinya berkisar $50\text{ }\mu\text{m}$ – $125\text{ }\mu\text{m}$ dengan diameter *cladding* $125\text{ }\mu\text{m}$ – $500\text{ }\mu\text{m}$, diameter core yang besar digunakan agar penyambungan kabel lebih mudah dan hanya baik digunakan untuk data atau informasi dengan kecepatan rendah dan untuk jarak yang relatif dekat.



Gambar 2.2. *Multimode step index fiber*

3. *Multimode Graded Index Fiber*

Digunakan untuk jarak menengah karena menggunakan sumber cahaya gabungan LED dan laser dengan diameter corenya antara $30\text{ }\mu\text{m}$ – $60\text{ }\mu\text{m}$ sedangkan diameter *cladding*nya $100\text{ }\mu\text{m}$ – $150\text{ }\mu\text{m}$. Jenis ini merupakan penggabungan serat *single mode* dan serat *multimode step index*, biasanya untuk jarak transmisi 10 Sampai 20 km pentransmisi informasi jarak menengah seperti pada LAN.



Gambar 2.3. *Multimode Graded Index Fiber*

2.1.2 Konsep Cahaya dalam Optik

Pada teori modem diketahui bahwa cahaya merupakan gelombang yang dapat memiliki sifat-sifat seperti pembiasan, pemantulan, interferensi, difraksi, dan polarisasi. Perambatan cahaya dapat dianalisis secara mendetail menggunakan teori gelombang elektromagnetik. Teori ini untuk menjelaskan cahaya dalam frekuensi, panjang gelombang, dan fasa. Teori lain yang berkembang berhubungan dengan cahaya adalah teori kuantum cahaya atau disebut juga teori Foton. Teori ini memandang cahaya sebagai perambatan paket energi yang disebut foton. Energi yang dikandung dalam tiap foton dihubungkan dengan frekuensi dari cahaya adalah:

$$E_f = h \cdot f \quad (2.1)$$

dimana : E_f = energi foton (joule)

h = konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ joule.sekon)

f = frekuensi (hertz)

Teori foton ini digunakan dalam analisis dan menjelaskan tentang pembangkitan dan deteksi cahaya. Hal ini sangat membantu dalam menggambarkan transformasi cahaya ke dalam arus elektron (elektrik) dan sebaliknya.

2.1.3 Modulasi Optik

Modulasi adalah suatu proses penumpangan sinyal-sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa (carrier), sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Modulasi optik atau modulasi cahaya adalah teknik modulasi yang menggunakan berkas cahaya berupa pulsa cahaya sebagai sinyal pembawa informasi. Berkas cahaya yang digunakan disini adalah berkas cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya (laser atau LED). Dibandingkan dengan modulasi konvensional, modulasi cahaya memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap derau yang sangat tinggi, karena sinyal tidak dipengaruhi medan elektromagnetik. Di samping itu, sistem ini memungkinkan adanya bitrate hingga mencapai ratusan gigabit per detik. Dalam modulasi optik, sinyal dapat dimodulasi amplitudonya yang dikenal dengan modulasi intensitas (Intensity Modulation) berupa Amplitudo Shift Keying (ASK) / On-Off Keying (OOK). Selain itu, berkas cahaya dapat juga dimodulasi frekuensinya atau lebih tepat modulasi panjang gelombang (Wavelength Modulation). Dan yang ketiga adalah dimodulasi fasanya (Phase Modulation).

2.1.4 Teknik Modulasi Optik

Dalam modulasi optik koheren, sinyal cahaya yang dimodulasikan dapat direpresentasikan dalam bentuk rumus besaran elektrik. Adapun rumus dasar besaran tersebut dapat didefinisikan :

$$E_s = A_s \cos [\omega_s t + \phi_s(t)] \quad (2.2)$$

dimana :

E_s = nilai sesaat besaran sinyal optik

A_s = amplitude sinyal optik

ω_s = frekuensi sinyal optik atau pembawa

ϕ_s = fasa sinyal optik

Dari persamaan dasar diatas, dapat diturunkan tiga macam teknik modulasi optik :

1. *Amplitude Shift Keying* (ASK) atau disebut juga On-Off Keying (OOK) yang memodulasi sinyal optik dengan perubahan amplitudo antara “0” dan “1” sementara frekuensi konstan dan tak ada lompatan fasa.

2. *Frequency Shift Keying* (FSK) yang memodulasi sinyal optik dengan perubahan Frekuensi W_1 (omega 1) dan W_2 (omega 2) dan mewakili sinyal biner, sementara amplitudo konstan dan tak terjadi lompatan fasa.

3. *Phase Shift Keying* (PSK) yang memodulasi sinyal optik berdasarkan perubahan fasa menurut gelombang sinus:

$$\phi_s = \beta \sin \omega_m t \quad (2.3)$$

Dimana :

ϕ_s = simpangan

β = amplitude

ω_m = frekuensi sudut

t = waktu

2.2 WDM (*Wavelength Division Multiplexing*)

Pada mulanya, teknologi WDM, yang merupakan cikal bakal lahirnya DWDM, berkembang dari keterbatasan yang ada pada sistem serat optik, dimana pertumbuhan trafik pada sejumlah jaringan *backbone* mengalami percepatan yang tinggi sehingga kapasitas jaringan tersebut dengan cepatnya terisi. Hal ini menjadi dasar pemikiran untuk memanfaatkan jaringan yang ada dibandingkan membangun jaringan baru.

Konsep ini pertama kali dipublikasikan pada tahun 1970, dan pada tahun 1978 sistem WDM telah terealisasi di laboratorium. Sistem WDM pertama hanya menggabungkan 2 sinyal. Pada perkembangan WDM, beberapa sistem telah sukses mengakomodasikan sejumlah panjang-gelombang dalam sehelai serat optik yang

masing-masing berkapasitas 2,5 Gbps sampai 5 Gbps. Namun penggunaan WDM menimbulkan permasalahan baru, yaitu ke-nonlinieran serat optik dan efek disperse yang semakin kehadirannya semakin *significant* yang menyebabkan terbatasnya jumlah panjang-gelombang 2-8 buah saja di kala itu.

Pada perkembangan selanjutnya, jumlah panjang-gelombang yang dapat diakomodasikan oleh sehelai serat optik bertambah mencapai puluhan buah dan kapasitas untuk masing-masing panjang gelombang pun meningkat pada kisaran 10 Gbps, kemampuan ini merujuk pada apa yang disebut DWDM.

Teknologi WDM pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan video) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang(λ) yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan. Implementasi WDM dapat diterapkan baik pada jaringan long haul (jarak jauh) maupun untuk aplikasi short haul (jarak dekat). WDM populer karena memungkinkan untuk mengembangkan kapasitas jaringan tanpa menambah jumlah fiber. Dengan menggunakan WDM dan penguat, Kapasitas dari hubungan dapat dikembangkan hanya dengan meningkatkan *multiplexers* dan *demultiplexer* yang digunakan.

Karakteristik dasar Teknologi WDM yaitu

1. Secara keseluruhan merupakan piranti pasif sehingga tidak membutuhkan satu daya elektrik
2. Dengan menggunakan piranti yang sama dapat berlaku sebagai *Multiplexer* maupun *Demultiplexer*
3. Sinyal optik tidak bergantung satu sama lain sesuai dengan format datanya masing-masing
4. Perhitungan daya sistem didasarkan pada cakap silang (crosstalk) yang terjadi
5. Untuk kerja system dipengaruhi oleh jumlah sinyal optik

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan sistem WDM

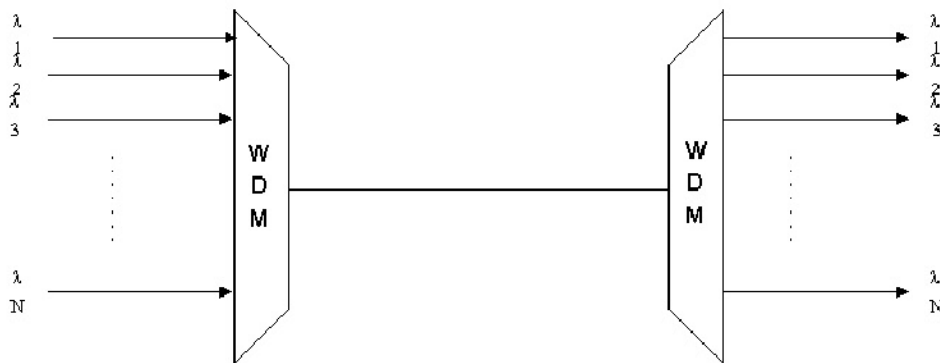
NO	Kelebihan sistem WDM	Kekurangan sistem WDM
1	Mengembangkan kapasitas jaringan tanpa menambah jumlah fiber	Efek non-linier. Biaya yang dikeluarkan tidak efektif untuk kapasitas sinyal optik.. Terdapat disperse (perpecahan)
2	Baik untuk transmisi jarak jauh.	
3	Merupakan cara yang Ekonomis dalam meningkatkan kapasitas transport.	
4	Memperkecil biaya untuk kontruksi jaringan	
5	Transparan bit rate dan protocol	

Sistem WDM dibagi menjadi 2 segmen, yaitu *dense* dan *coarse* WDM. Sistem dengan lebih dari 8 panjang gelombang aktif perserat dikenal sebagai ***Dense WDM*** (**DWDM**), sedangkan untuk panjang gelombang aktif diklasifikasikan sebagai ***Coarse WDM*** (**CWDM**). Teknologi CWDM dan DWDM didasarkan pada konsep yang sama yaitu menggunakan beberapa panjang gelombang cahaya pada sebuah serat optik, tetapi kedua teknologi tersebut berbeda pada *spacing* panjang gelombang, jumlah kanal, dan kemampuan untuk memperkuat sinyal pada medium optik.

2.3 DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

2.3.1 Pengertian DWDM

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan suatu teknik transmisi yang memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda sebagai kanal-kanal informasi, sehingga setelah dilakukan proses multiplexing seluruh panjang gelombang tersebut dapat ditransmisikan melalui sebuah serat optik.



Gambar 2.4 Prinsip dasar sistem WDM (Sadiku, 2002.)

Teknologi DWDM adalah teknologi dengan memanfaatkan sistem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) merupakan standar untuk transmisi digital serat optik. Pada tahun 1987 SONET (*Synchronous Optical network*) mengajukan Sistem SDH untuk standarisasi ke CCIT (*Consultative standar Internasional Telegraph and Telephony*)sebagai usulan standar internasional dengan mempertimbangkan masalah yang ada saat itu yaitu adanya perbedaan standar bit rate model Amerika,Eropa dan Jepang.Standar ini telah di rekomendasikan penggunaanya oleh (sekarang menjadi ITU – T) pada November 1988.

yang sudah ada (solusi terintegrasi) dengan memultiplekskan sumber-sumber sinyal yang ada. Menurut definisi, teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan transport yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu serat tunggal. Artinya, apabila dalam satu serat itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi 4x10 Gbs (kecepatan awal dengan menggunakan teknologi SDH).

Teknologi DWDM beroperasi dalam sinyal dan domain memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas transmisi yang besar dalam jaringan. Kemampuannya dalam hal ini diyakini banyak orang akan terus berkembang yang ditandai dengan semakin banyaknya jumlah panjang gelombang yang mampu untuk ditransmisikan dalam satu fiber.

Pada perkembangan selanjutnya, teknologi DWDM ini tidak saja dipergunakan pada jaringan utama (*backbone*), melainkan juga pada jaringan akses dikota-kota metropolitan di seluruh dunia, seperti halnya New York yang memiliki distrik bisnis yang terpusat. Alasan utama yang mendorong penggunaan DWDM pada jaringan akses ini tentu saja kemampuan sehelai serat optik yang sudah mampu mengakomodasikan puluhan bahkan ratusan panjang-gelombang.

Sehingga, setiap perusahaan penyewa dapat memiliki 'jaringan' masing-masing. Kemunculan teknologi DWDM tersebut dengan segera menjadi daya tarik sendiri bagi perusahaan-perusahaan penyedia jasa telekomunikasi (*carriers*). Hal ini dikarenakan teknologi DWDM memungkinkan *carriers* untuk memiliki sebuah jaringan tanpa perlu susah payah membangun sendiri infrastruktur jaringannya.

Mereka cukup menyewa beberapa panjang gelombang sesuai kebutuhan dengan daerah tujuan yang sama ataupun berbeda. Metode penyewaan panjang-gelombang ini pula yang saat ini banyak dilakukan oleh *carriers*, khususnya yang tergolong baru, dikawasan Eropa, di mana traffic telepon dan internet di kota-kota besar di kawasan tersebut menunjukkan pertumbuhan yang sangat tinggi.

Namun pada dasarnya, DWDM merupakan pemecahan dari masalah-masalah yang ditemukan pada WDM, dimana dari segi infrastruktur sendiri praktis hanya terjadi penambahan peralatan pemancar dan penerima saja untuk masing-masing panjang-gelombang yang dipergunakan. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi DWDM terletak pada jenis filter, serat optik dan penguat *amplifier*.

Jenis filter yang umum dipergunakan di dalam sistem DWDM ini antara lain *Dichroic Interference Filters* (DIF), *Fiber Bragg Gratings* (FBG), *Array Waveguide Filters* (AWG) dan *Hybrid Fused Cascaded Fiber* (FCF) dengan *Mach-Zehnder* (M-Z) *interferometers*. Komponen berikutnya adalah serat optik dengan dispersi yang rendah, dimana karakteristik demikian sangat diperlukan mengingat dispersi secara langsung berkaitan dengan kapasitas transmisi suatu sistem.

Sementara penguat optik yang banyak dipergunakan untuk aplikasi demikian adalah EDFA dengan karakteristik *flat* untuk semua panjang-gelombang di dalam spektrum DWDM. Teknik lain yang telah sukses diujicobakan adalah dengan

memperpendek jarak antar kanal, yang biasanya berkisar 1 nm menjadi 0,3 nm. Hal ini terutama berguna pada sistem yang spektrum penguatan dari penguat optiknya kurang merata.

2.3.2 Pemilihan DWDM

Secara umum ada beberapa alternatif cara yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan kapasitas akibat perkembangan *traffic* yang sangat cepat, yaitu:

1. Menambah Serat

Jika tidak ada *core* serat yang tersisa, maka diperlukan upaya penanaman kabel yang berisi sejumlah *core* serat, dengan memperhitungkan ketersediaan *duct* yang ada (terutama untuk kabel jenis conduit). Cara ini selain agak rumit juga relatif mahal.

2. Memperbesar kecepatan transmisi

Penggantian perangkat/modul eksisting dengan sistem/kapasitas yang baru (Sistem SDH kapasitas STM-64) dengan kapasitas yang lebih besar. Cara ini menemui hambatan dengan keterbatasan kapasitas terbesar sistem SDH (STM-64).

3. Mengimplementasikan WDM

Cara lain yang jauh lebih ekonomis dan berorientasi ke masa depan adalah dengan menerapkan sistem WDM. Sistem WDM ini memanfaatkan sistem SDH yang sudah ada (solusi terintegrasi) dengan memultiplekskan sumber-sumber sinyal yang ada, pada domain lamda , pada komponen pasif WDM. Dengan memperhatikan faktor ekonomis, fleksibilitas dan kebutuhan pemenuhan kapasitas jaringan jangka panjang, maka solusi untuk mengimplementasikan DWDM merupakan yang paling cocok, terutama jika dorongan pertumbuhan trafik dan proyeksi kebutuhan traffic masa depan terbukti sangat besar.

Secara umum ada beberapa faktor yang menjadi landasan pemilihan teknologi DWDM ini, yaitu:

1. Menurunkan biaya instalasi awal, karena implementasi DWDM berarti kemungkinan besar tidak perlu menggelar *fiber* baru, cukup menggunakan *fiber* eksisting (sesuai ITU-T G.652 atau ITU-T G.655) dan mengintegrasikan perangkat

SDH eksisting dengan perangkat DWDM. ITU-U sendiri adalah *International Standard Union – Telecommunication* yang berhasil menggolkan sebuah dokumen standar yang diajukannya menjadi standar ITU-T. Tim tersebut secara intensif terlibat dalam dengar pendapat, diskusi dan debat pada pertemuan tingkat *Sub Working Party, Plenary Working Party, Plenary Working Group* dan *Plenary Study Group 4 ITU-T*, dan akhirnya berhasil melalui tahapan akhir pada 16 Februari 2004 yaitu *Alternative Approval Process (AAP)*, yang selanjutnya dokumen standar TELKOM itu resmi ditetapkan menjadi standar ITU-T oleh *Director of the Telecommunication Standardization Bureau*, dengan *AAP Announcement No. 71, 16 February 2004, (SG 4, 6, 9, 13, 15, . 16)* yaitu dokumen “*SDH-DLC functional requirements for the network and network element views*” yang diberi nomor No Rec Q.837.1.

2. Dapat dipakai untuk memenuhi *demand* yang berkembang, dimana teknologi DWDM mampu untuk melakukan penambahan kapasitas dengan orde $n \times 2,5 \text{ Gbps}$ atau $n \times 10 \text{ Gbps}$ (n = jumlah *core*).

3. Dapat mengakomodasikan layanan baru (memungkinkan proses rekonfigurasi dan *transparency*). Hal ini dimungkinkan karena sifat dari operasi teknologi DWDM yang terbuka terhadap protokol dan format sinyal (mengakomodasi format frame SDH).

2.3.3 Keunggulan DWDM

Secara umum keunggulan teknologi DWDM adalah sebagai berikut:

- a. Tepat untuk diimplementasikan pada jaringan telekomunikasi jarak jauh (*long haul*) baik untuk sistem *point-to-point* maupun *ring* topologi
- b. Lebih fleksibel untuk mengantisipasi pertumbuhan traffic yang tidak terprediksi.
- c. Transparan terhadap berbagai bitrate dan protokol jaringan
- d. Tepat untuk diterapkan pada daerah dengan perkembangan kebutuhan *Bandwidth* sangat cepat. Namun dengan dukungan teknologi tingkat tinggi dan area implementasi utama pada jaringan *long haul* teknologi DWDM menjadi mahal, terutama jika diperuntukkan bagi implementasi di area metro.

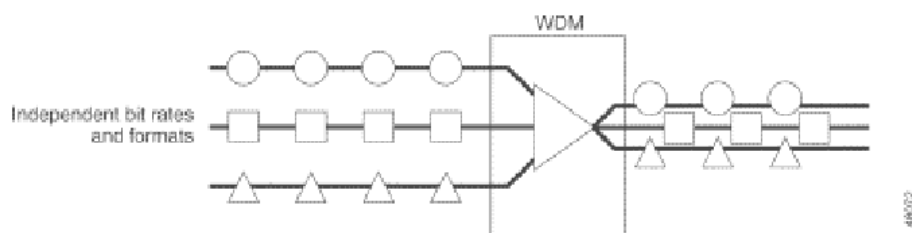
Area metro menjadi penting terutama karena dorongan pertumbuhan trafik data yang significant pada area ini.

2.3.4 Teknik Operasional DWDM

Pada dasarnya, teknologi WDM (awal mulanya teknologi DWDM) memiliki prinsip kerja yang sama dengan media transmisi yang lain. Yaitu untuk mengirimkan informasi dari suatu tempat ke tempat yang lain. Namun, dalam teknologi ini pada suatu kabel atau serat optik dapat dilakukan pengiriman secara bersamaan banyak informasi melalui kanal yang berbeda. Setiap kanal ini dibedakan dengan menggunakan prinsip perbedaan panjang gelombang (*wavelength*) yang dikirimkan oleh sumber informasi.

Sinyal informasi yang dikirimkan awalnya diubah menjadi panjang gelombang yang sesuai dengan panjang gelombang yang tersedia pada kabel serat optik kemudian dimultipleksikan pada satu serat. Dengan teknologi DWDM ini, pada satu kabel serat optik dapat tersedia beberapa panjang gelombang yang berbeda sebagai media transmisi yang biasa disebut dengan kanal.

Berikut ilustrasi pengiriman informasi pada WDM:



Gambar 2.5 Proses Pengiriman Informasi pada WDM (Sadiku ,2002)

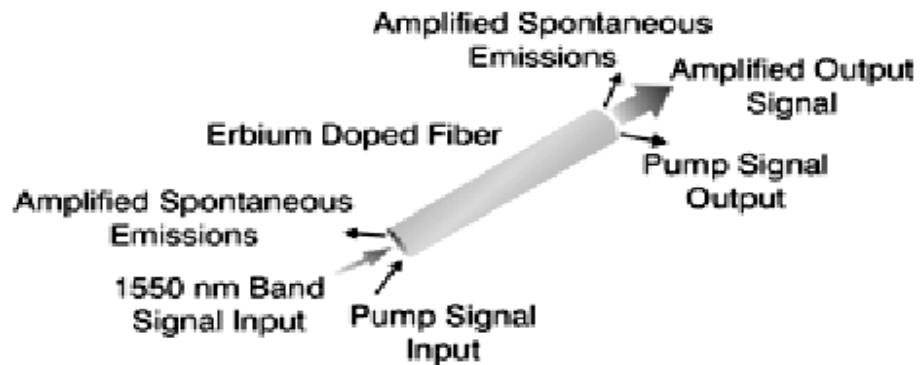
Sebagai perbandingan dengan DWDM, ilustrasi transmisi dengan TDM adalah TDM menggunakan teknik pengiriman tetap pada satu kanal dengan mengefisiensikan skala waktu untuk mengangkut berbagai macam informasi.

2.3.5 Komponen penting pada DWDM

Pada teknologi DWDM, terdapat beberapa komponen utama yang harus ada untuk mengoperasikan DWDM dan agar sesuai dengan standart kanal ITU sehingga teknologi ini dapat diaplikasikan pada beberapa jaringan optic seperti SONET dan yang lainnya. Komponen-komponennya adalah sbb:

1. *Transmitter* yaitu komponen yang menjembatani antara sumber sinyal informasi dengan multiplekser pada system DWDM. Sinyal dari transmitter ini akan dimultipleks untuk dapat ditansmisikan.
2. *Receiver* yaitu komponen yang menerima sinyal informasi dari demultiplekser untuk dapat dipilah berdasarkan macam-macam informasi.
3. *DWDM terminal multiplexer*. Terminal *mux* sebenarnya terdiri dari transponder converting wavelength untuk setiap sinyal panjang gelombang tertentu yang akan dibawa. *Transponder converting wavelength* menerima sinyal input optik (sebagai contoh dari sistem SONET atau yang lainnya), mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal optik dan mengirimkan kembali sinyal tersebut menggunakan pita laser 1550 nm. Terminal *mux* juga terdiri dari multiplekser optikal yang mengubah sinyal 550 nm dan menempatkannya pada suatu serat SMF-28.
4. *Intermediate optical terminal (amplifier)*. Komponen ini merupakan *amplifier* jarak jauh yang menguatkan sinyal dengan banyak panjang gelombang yang ditransfer sampai sejauh 140 km atau lebih. Diagnostik optikal dan telemetri dimasukkan di sekitar daerah *amplifier* ini untuk mendeteksi adanya kerusakan dan pelemahan pada serat. Pada proses pengiriman sinyal informasi pasti terdapat atenuasi dan dispersi pada sinyal informasi yang dapat melemahkan sinyal. Oleh karena itu harus dikuatkan.

Erbium-doped Optical Fiber



Gambar 2.6. EDFA (Sadiku, 2002)

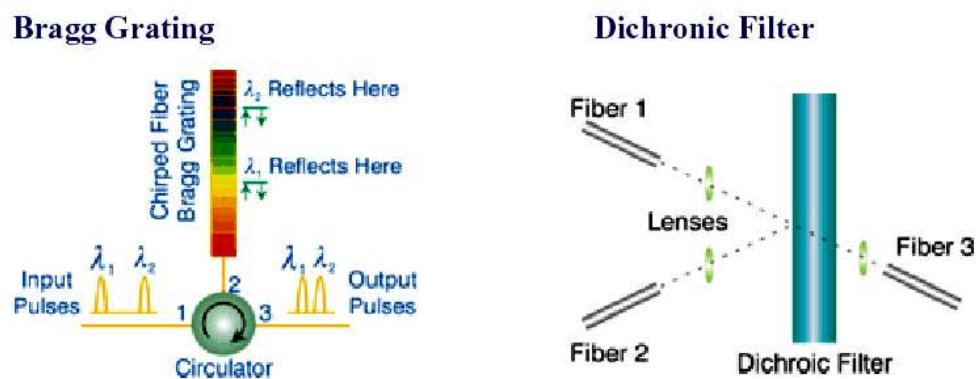
Sistem yang biasa dipakai pada serat *amplifier* ini adalah sistem EDFA, namun karena *bandwidth* dari EDFA ini sangat kecil yaitu 30 nm (1530 nm-1560 nm), namun minimum atenuasi terletak pada 1500 nm sampai 1600 nm. Kemudian digunakan DBFA (*Dual band fiber amplifier*) dengan *bandwidth* 1528-1610 nm. Kedua jenis *amplifier* ini termasuk jenis EBFA (*extended band filter amplifier*) dengan penguatan yang tinggi, saturasi yang lambat dan derau yang rendah. Teknologi *amplifier optic* yang lain adalah sistem *Raman Amplifier* yang merupakan pengembangan dari sistem EDFA (*Erbium-Doped Fiber Amplifier*) merupakan suatu serat optik yang intinya (*core*) dikotori oleh atom erbium sehingga dapat memberikan penguatan terhadap sinyal yang melewatinya. Erbium itu sendiri merupakan elemen dari golongan lantanida (*lanthanides group*) yang mana elemen-elemennya cocok sebagai bahan aktif dalam laser *solid-state* dikarenakan struktur elektronnya. Ion-ion dari elemen-elemen ini memiliki kemampuan menyerap foton dengan panjang gelombang yang tinggi

5. *DWDM terminal demux*. Terminal ini mengubah sinyal dengan banyak panjang gelombang menjadi sinyal dengan hanya 1 panjang gelombang dan

mengeluarkannya ke dalam beberapa serat yang berbeda untuk masing-masing *client* untuk dideteksi. Sebenarnya *demultiplexing* ini beritndak pasif, kecuali untuk beberapa telemetry seperti sistem yang dapat menerima sinyal 1550 nm.

Pada transmisi jarak jauh dengan sistem *client-layer* seperti demultiplexing sinyal yang selalu dikirim ke O/E/O. Teknologi terkini dari demultiplekser ini yaitu terdapat *couplers* (penggabung dan pemisah *power wavelength*) berupa *FIBER BRAGG GRATING* dan *dichroic filter* untuk menghilangkan derau dan *crosstalk*.

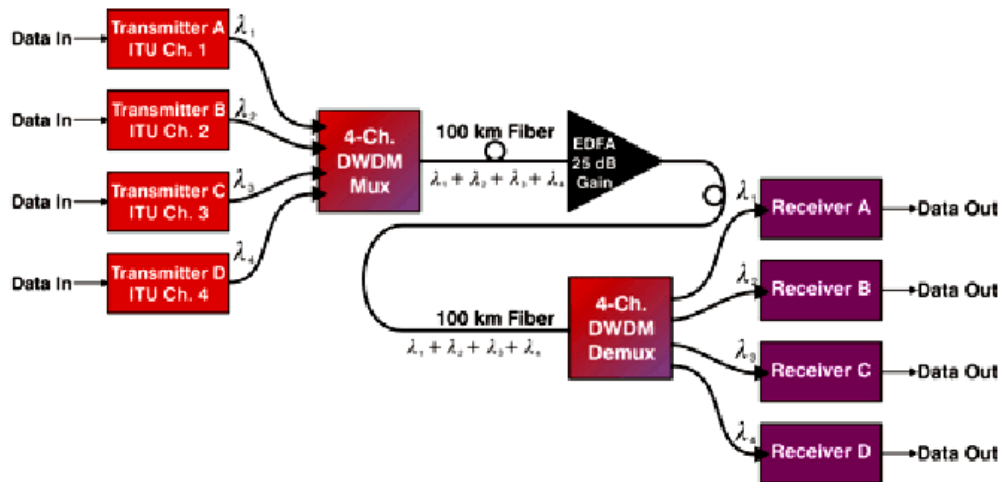
Berikut gambar FBG dan *Dichroic filter*:



Gambar 2.7 (a) FBG dan Dchronic filter (b) Dichroic (Sadiku, 2002)

6. *Optikal supervisory channel*. Ini merupakan tambahan panjang gelombang yang selalu ada di antara 1510 nm-1310 nm. OSC membawa informasi optik multi *wavelength* sama halnya dengan kondisi jarak jauh pada terminal optik atau daerah EDFA. Jadi OSC selalu ditempatkan pada daerah *intermediate amplifier* yang menerima informasi sebelum dikirimkan kembali.

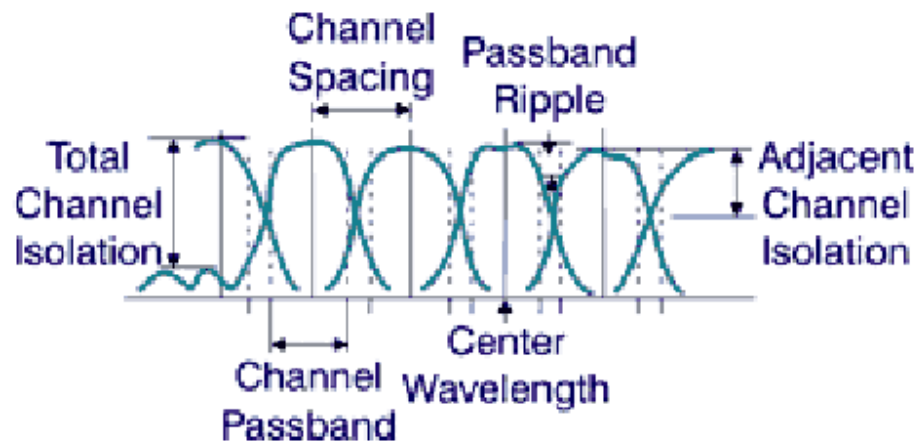
Berikut ilustrasi tata letak komponen pada DWDM:



Gambar 2.8 Aplikasi sistem DWDM (Sadiku, 2002.)

2.3.6 Channel Spacing

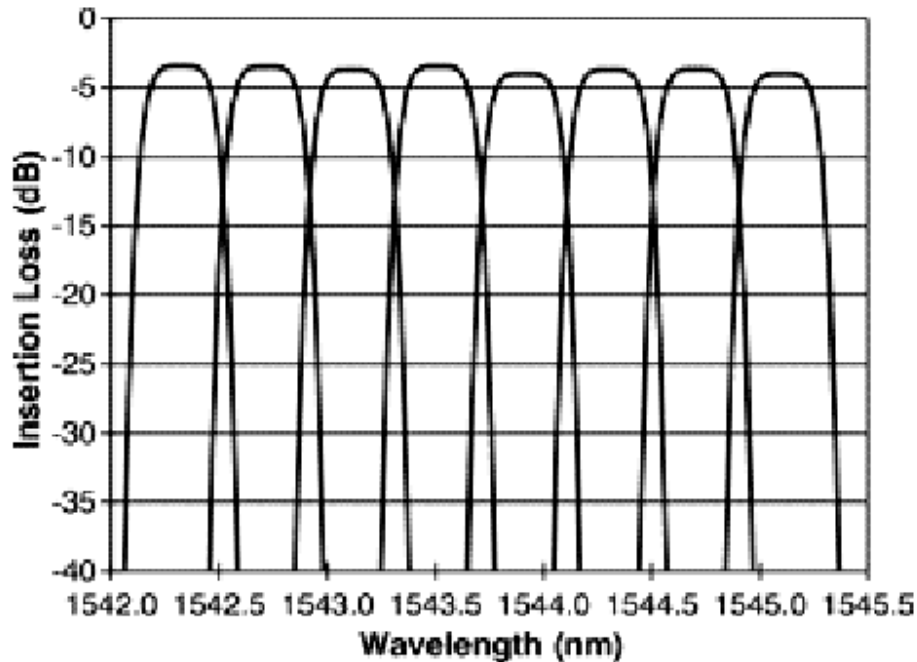
Channel spacing menentukan sistem performansi dari DWDM. Standar *channel spacing* dari ITU adalah 50 GHz sampai 100 GHz (100 GHz akhir-akhir ini sering digunakan). *Spacing* (spasi) ini membuat kanal dapat dipakai dengan memperhatikan batasan-batasan *fiber amplifier*. kanal spacing bergantung pada sistem komponen yang dipakai *Channel spacing* merupakan sistem frekuensi minimum yang memisahkan 2 sinyal yang dimultipleksikan. Atau bias disebut sebagai perbedaan panjang gelombang di antara 2 sinyal yang ditransmisikan. *Amplifier optic* dan kemampuan *receiver* untuk membedakan sinyal menjadi penentu dari *spacing* pada 2 gelombang yang berdekatan.



Gambar 2.9 karakter tipe optik untuk DWDM Channel (Sadiku, 2002.)

Pada perkembangan selanjutnya, sistem DWDM berusaha untuk menambah kanal yang sebanyak-banyaknya untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas data informasi. Salah satunya adalah dengan memperkecil *channel spacing* tanpa adanya suatu interferensi pada sinyal pada satu serat optik tersebut. Dengan demikian, hal ini sangat bergantung pada sistem komponen yang digunakan. Salah satu contohnya adalah pada demultiplekser DWDM yang harus memenuhi beberapa kriteria diantaranya adalah bahwa *demux* harus stabil pada setiap waktu dan pada berbagai suhu, harus memiliki penguatan yang relatif besar pada suatu daerah frekuensi tertentu dan dapat tetap memisahkan sinyal informasi sehingga tidak terjadi interferensi antar sinyal. Sistem yang sebelumnya sudah dijelaskan yaitu FBG (*Fiber Bragg Grating*) mampu memberikan *spacing channel* tertentu seperti pada gambar berikut:

0.4 nm Channel Spacing DWDM Fiber Bragg Grating



Gambar 2.10 Spasi kanal Fiber Bragg Grating (Sadiku, 2002)

2.3.7 Aplikasi DWDM

Kemunculan teknologi DWDM tersebut dengan segera menjadi daya tarik sendiri bagi perusahaan-perusahaan penyedia jasa telekomunikasi (*carriers*). Hal ini dikarenakan teknologi DWDM memungkinkan *carriers* untuk memiliki sebuah jaringan tanpa perlu susah payah membangun sendiri infrastruktur jaringannya, cukup menyewa beberapa panjang-gelombang sesuai kebutuhan dengan daerah tujuan yang sama ataupun berbeda.

Metode penyewaan panjang gelombang ini pula yang saat ini banyak dilakukan oleh *carriers*, khususnya yang tergolong baru, di kawasan Eropa, dimana traffic telepon dan internet di kota-kota besar di kawasan tersebut menunjukkan pertumbuhan yang sangat tinggi. Keadaan ini memicu bermunculannya *carriers* baru yang dengan segera memiliki jaringan yang luas di benua tersebut dengan akses ke

seluruh penjuru dunia, meski beberapa *carriers* yang tergolong mapan lebih memilih untuk membangun sendiri infrastrukturnya dengan alasan kemudahan dalam pengawasan, keamanan dll.

Perbedaan strategi tersebut nantinya bakal mewarnai persaingan dalam penguasaan teknologi, manajemen jaringan dsb, meski tidak mesti terjadi perusahaan yang lebih memilih membangun sendiri infrastrukturnya (*digger*) akan menjadi lebih berkembang (*bigger*) dan perusahaan yang lebih memilih untuk menyewa panjang gelombang (*leaser*) menjadi pecundang (*loser*). Sementara bagi produsen perangkat telekomunikasi sendiri, kemunculan teknologi ini seakan memberi angin segar bagi perusahaan baru untuk turut bermain di dalam bisnis bernilai milyaran dollar ini. Sebagai contoh adalah Cina, yang menjadi pemain papan atas untuk produk DWDM. Saat ini terdapat dua pilihan untuk melakukan standarisasi kanal, yaitu menggunakan spasi lamda atau spasi frekuensi. Hubungan antara spasi lamda dan spasi frekuensi (Sudarmilah, Endah ,2002) adalah:

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

(2. 4)

dengan:

Δf = spasi frekuensi (GHz)

$\Delta \lambda$ = spasi lamda (nm)

λ = panjang gelombang daerah operasi (nm)

c = 3×10^8 m/s laju cahaya dalam ruang hampa

Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi (dan sebaliknya) akan menghasilkan nilai yang kurang presisi, sehingga sistem DWDM dengan satuan yang berbeda akan mengalami kesulitan dalam berkomunikasi. ITU-T kemudian menggunakan spasi frekuensi sebagai standar penentuan spasi kanal.

tabel konversi spasi lamda ke spasi frekuensi ($\lambda=1550$ nm)

Tabel 2.2 Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi ($\lambda=1550$ nm)
(Sudarmilah, 2002)

Spasi Lamda (nm)	Spasi Frekuensi (GHz)
0,4	50
0,8	100
1	120
1,6	200
2	250

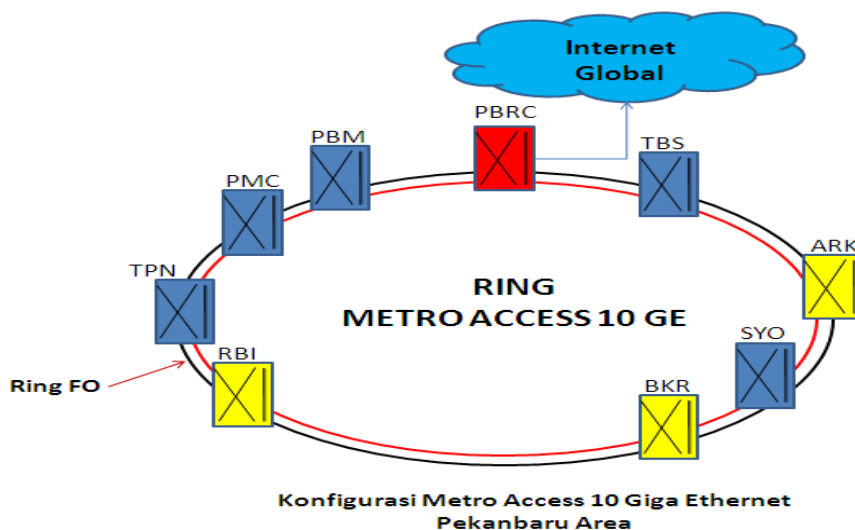
BAB III

ANALISIS SISTEM DWDM

Pada bab ini akan menjelaskan tentang topologi jaringan, spesifikasi kebutuhan *bandwidth*, pemakaian formula DWDM untuk menghitung spasi lamda dan studi kelayakan kebutuhan *Core* yang dipakai sehingga menghasilkan ketersediaan sistem sampai pada tahun yang ditentukan

3.1 Topologi Jaringan

Topologi jaringan adalah bentuk perancangan baik secara fisik maupun secara logik yang digunakan untuk membangun sebuah jaringan. Didalam perencanaan layanan *voice* data dan internet pada teknologi DWDM area Pekanbaru. Dari beberapa topologi jaringan yang ada misalnya pada sistem SDH menggunakan topologi jaringan *star* namun untuk teknologi DWDM topologi jaringan yang dipakai adalah jenis topologi jaringan *Ring*. Kedua topologi memiliki kelebihan dan kekurangan dan kedua jenis topologi ini bisa diterapkan pada teknologi DWDM. Karena topologi jaringan tipe *Ring* dapat mengantisipasi dan meminimalisasi jika terjadi kerusakan sehingga informasi yang dikirimkan dapat berjalan dengan lancar, maka topologi *Ring* cocok digunakan. Berikut ini adalah konfigurasi menggunakan topologi *Ring* pada area Pekanbaru.



Gambar 3.1 Konfigurasi *Ring* Area pekanbaru. (sumber : PT Telkom Ridar Pekanbaru)

Ket :	Ring FO	: Ring Fiber Optik
	ARK	: STO Arengka
	BKR	: STO Bukit Raya
	PBM	: STO Pekanbaru Mall
	PBRC	: STO Pekanbaru Centrum
	PMC	: STO Mall Ciputra
	RBI	: STO Rumbai
	SYO	: STO Sidomulyo
	TBS	: STO Tambusai
	TPN	: STO Tampan (Pondok Mutiara)

Topologi jaringan dengan sistem *ring* pada area Pekanbaru pada gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dari sembilan sentral lokal (STO) terhubung menggunakan *ring* serat optik dan menggunakan ONU (*optical network unit*). Kemudahan yang diberikan dengan topologi *ring* ini terlihat dari mengantisipasi kerusakan jaringan sehingga mengakibatkan komunikasi tetap berjalan. Misalnya terjadi kerusakan jaringan antara PBM (Pekanbaru Mall) dengan PBRC (Pekanbaru Centrum) maka pelanggan tetap bisa melakukan komunikasi dengan menerapkan sistem berputar arah (*kontingensi*) menuju PMC (Pekanbaru Mall Ciputra) dan sampai TBS (Tambusai) dan akhirnya menuju ke PBRC (Pekanbaru Centrum), sistem ini akan diterapkan sama pada sentral lokal STO yang lain pada konfigurasi area Pekanbaru. Setiap serat optik yang terpasang memiliki suatu kabel *backup* yang berfungsi untuk mengganti setiap kabel serat optik yang putus.

Jumlah pemasangan *core* pada konfigurasi topologi jaringan *ring* pada gambar 3.1 adalah dipasang sebanyak 12 *core* dengan kapasitas bandwith masing-masing *core* adalah 10 GHz. Pemasangan *core* akan berbeda pada setiap STO karena setiap STO yang memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar akan memerlukan *core* yang banyak dan sebaliknya.

Pada sistem transmisi dapat dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan jenis serat optiknya. Pertama dengan menerapkan sistem *End to end* pada jenis serat optik yang dipakai adalah *multi mode*. Kedua dengan menerapkan sistem *point to point* pada komunikasi jenis kabel *single mode*. Dari kedua sistem transmisi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, diantaranya pada sistem *point to point* memiliki kelebihan

menghubungkan langsung kepada STO yang dituju sehingga komunikasi lebih cepat. Namun sistem *point to point* juga memiliki kekurangan yaitu efisiensi penggunaan *core* yang berhubungan dengan bandwidth akan lebih kecil dibanding dengan sistem *End to end*.

Dengan sistem *End to end* bahwa setiap STO akan terhubung pada setiap STO yang didekatnya sehingga mengakibatkan komunikasi akan lambat, akan tetapi efisiensi pemakaian *core* akan lebih besar disebabkan penggunaan yang efisien.

Pada masing-masing STO akan diberikan *backup* daya seperti mesin genset yang bertujuan agar untuk menghindari pemutusan arus listrik dari masing-masing STO sehingga komunikasi yang dilakukan tetap berjalan normal.

Pemakaian sistem ini *kontingensi* terbagi menjadi 2 pertama dengan mengganti secara manual pada *switch* STO terputus dengan meghubungkan pada STO berbeda. Sedangkan yang kedua dengan sistem otomatis yakni melakukan shut down pada STO terputus dan melakukan *up* pada STO yang diinginkan dan sistem ini dikenal dengan *Iddle*.

3.2 Kapasitas *bandwidth* dengan spesifikasi data

Dari segi pelayanan PT Telkom Riau Daratan memberikan kemudahan kepada pelanggan dengan dapat mengakses semua jenis layanan yakni berupa data, *voice* dan internet dengan kebutuhan bandwidth yang sangat besar yang dikenal dengan jaringan *broadband*. Berikut adalah beberapa layanan yang diberikan PT Telkom Riau Daratan sesuai dengan kebutuhan *bandwidth*nya.

Tabel 3.1 Data pelanggan dan estimasi *bandwidth* Area Pekanbaru

**Data Pelanggan Speedy Area Pekanbaru
PT Telkom Riau
Daratan**

STO	Jumlah Pelanggan	Estimasi Bandwidth Data pelanggan (MB)	Estimasi Bandwidth Voice / pelanggan (MB)	Total Bandwith Data+Voice(MB)
ARK	2,256	1	0.5	3,384
BKR	988	1	0.5	1,482
PBM	28	1	0.5	42
PBRC	7,929	1	0.5	11,894
PMC	13	1	0.5	20
RBI	892	1	0.5	1,338
SYO	46	1	0.5	69
TBS	321	1	0.5	482
TPN	124	1	0.5	186
Grand Total	12,597	9	5	18,896

Ket : STO : Sentral Telepon Otomat (DSLAM+Sentral)
 ARK : STO Arengka
 BKR : STO Bukit Raya
 : STO Pekanbaru
 PBM Mall
 PBRC : STO Pekanbaru Centrum
 PMC : STO Mall Ciputra
 RBI : STO Rumbai
 SYO : STO Sidomulyo
 TBS : STO Tambusai
 TPN : STO Tampan (Pondok Mutiara)

Dari tabel diatas dapat dianalisa bahwa setiap STO memiliki kebutuhan *bandwidth* yang berbeda, maka pemasangan *core* optik sebanyak 12 *core* akan dipasang berbeda setiap STO sesuai dengan kebutuhannya. Semakin besar kebutuhan *bandwidth* yang ditandai dengan semakin besarnya jumlah pelanggan maka kebutuhan *core* akan lebih banyak dan sebaliknya.

3.3 Formula DWDM

Pada saat ini ada dua pilihan untuk melakukan standarisasi kanal yakni dengan spasi frekuensi dan spasi lamda. Hubungan antara spasi lamda dengan spasi frekuensi dapat dinyatakan dengan rumus (Sudarmilah, 2002)

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

(3.1)

dengan:

Δf = spasi frekuensi (GHz)

$\Delta \lambda$ = spasi lamda (nm)

λ = panjang gelombang daerah operasi (nm)

c = 3×10^8 m/s laju cahaya dalam ruang hampa

Kapasitas serat optik yang dipakai lebih optimal, DWDM dapat mengakomodir banyak cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dalam sehelai serat optis, sedangkan teknologi serat optik konvensional hanya dapat mentransmisikan satu panjang gelombang dalam sehelai serat optis (Endah Sudarmilah,2009).

Berikut tabel hasil konversi lamda ke spasi frekuensi

Tabel 3.2 Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi

Spasi lamda (nm)	Spasi frekuensi (GHz)
0.1	12.5
0.2	25
0.4	50
0.8	100
1.6	200

Dengan memperhitungkan bahwa kenaikan pelanggan tiap tahunnya adalah 20 % maka akan didapat tabel kenaikan pelanggan dan estimasi pemakaian *bandwidth* sampai tahun 2012 sebagai berikut :

- a. Total Pelanggan 2009 = 2256 orang

$$\text{Maka } \frac{20}{100} \times 2256 = 451,2 \text{ Orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Total pelanggan pada Tahun 2010} &= \text{Total pelanggan tahun 2009} + \text{Kenaikan} \\ &\quad \text{pelanggan 20\%} \\ &= 2256 + 451,2 \\ &= 2707 \text{ orang} \end{aligned}$$

Maka didapat kenaikan pelanggan sampai tahun 2012 seperti terlihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 kenaikan pelanggan dan estimasi *bandwidth* dari tahun 2009 sampai 2012

NO	STO	Jumlah Pelanggan (Kenaikan 20 %)				Estimasi Bandwidth (MB,Kenaikan 20 %)			
		Tahun 2009	Tahun 2010	tahun 2011	tahun 2012	Tahun 2009	Tahun 2010	tahun 2011	tahun 2012
1	ARK	2256	2707	3248	3898	3384	4060,8	4872,9	5847,5
2	BKR	988	1185	1422	1707	1482	1778,4	2134,08	2560,8
3	PBM	28	33	40	48	42	50,4	60,4	72,5
4	PBRC	7929	9514	11417	13701	11894	14272,8	17127,6	20552,32
5	PMC	13	15	18	22	20	24	28,8	34,56
6	RBI	892	1070	1284	1541	1338	1605,2	1926,7	2312,1
7	SYO	46	55	66	79	69	82,8	99,36	119,23
8	TBS	321	385	462	554	482	578,4	694,08	832,89
9	TPN	124	148	178	214	186	223,2	267,84	321,40

3.4 Spasi kanal (lamda)

Dalam merancang suatu sistem dengan mengetahui estimasi *bandwidth* maka didapat jumlah penggunaan panjang gelombang pada *core* serat optik dikenal dengan spasi lamda. Dengan menggunakan formula DWDM misalnya jumlah pelanggan arengka pada tahun 2009 sebanyak 2.256 pelanggan, dan estimasi *bandwidth* sebanyak 3384 MB dengan mempertimbangkan kenaikan 20 % dan dengan panjang gelombang wilayah Pekanbaru 1550 nm maka didapat spasi lamda

A. Tahun 2009

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

$$\text{maka didapat } 3384 = \frac{3 \times 10^8}{(1550)^2} \Delta \lambda$$

$$\Delta \lambda = 0,027 \text{ nm}$$

b. Tahun 2010 estimasi *bandwidth* adalah 4060.8 Mb

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

$$\text{maka didapat } 4060.8 = \frac{3 \times 10^8}{(1550)^2} \Delta \lambda$$

$$\Delta \lambda = 0,032 \text{ nm}$$

c. Tahun 2011

Estimasi *bandwidth* 4872.9

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

$$\text{maka didapat } 4872.9 = \frac{3 \times 10^8}{(1550)^2} \Delta \lambda$$

$$\Delta \lambda = 0,039 \text{ nm}$$

d. Tahun 2012

Estimasi *bandwidth* 5.8475 Mb

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda$$

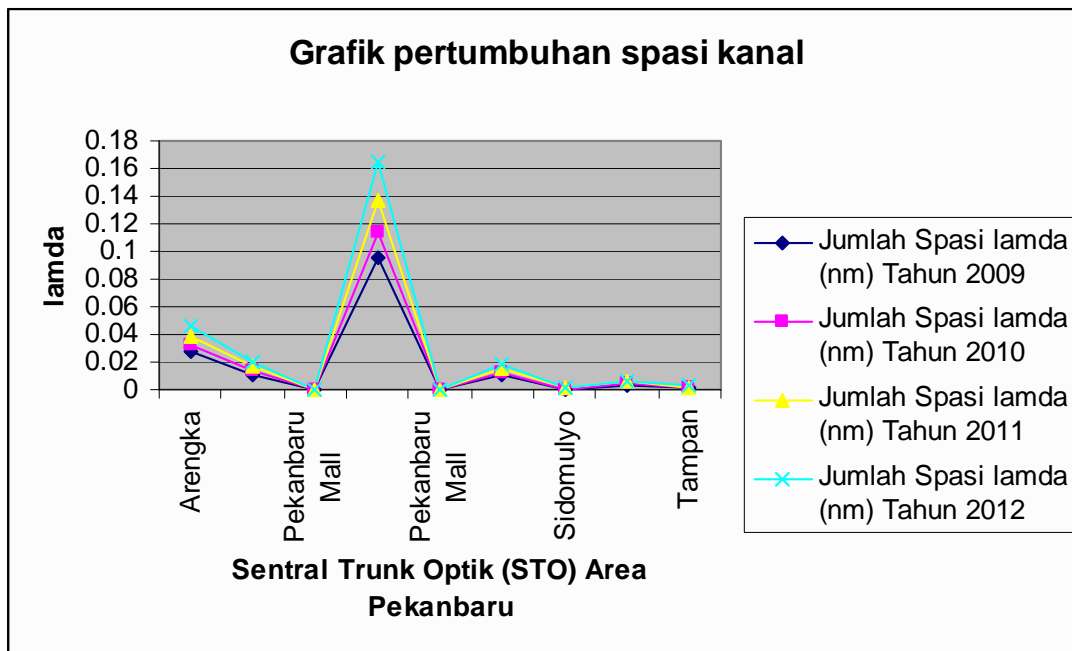
maka didapat $5847,5 \text{ Mb} = \frac{3 \times 10^8}{(1550)^2} \Delta \lambda$

$$\Delta f = 0,046 \text{ nm}$$

Dengan perhitungan formula DWDM yang sama maka didapat tabel berikut :

Tabel 3.4 Jumlah Spasi Kanal Area Pekanbaru

No	STO	Jumlah Spasi lamda (nm)			
		Tahun 2009	Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012
1	Arengka	0,027	0,032	0,039	0,046
2	Bukit Raya	0,011	0,014	0,017	0,02
3	Pekanbaru Mall	0,00033	0,00041	0,00048	0,00058
4	Pekanbaru Centrum	0,095	0,114	0,137	0,164
5	Pekanbaru Mall Ciputra	0,00016	0,00019	0,00023	0,00027
6	Rumbai	0,011	0,012	0,015	0,018
7	Sidomulyo	0,00055	0,00066	0,00079	0,00095
8	Tambusai	0,0038	0,0046	0,0055	0,0066
9	Tampan	0,0014	0,0017	0,0021	0,0025



Gambar 3.2 Grafik pertumbuhan spasi kanal

3.5 Studi Kelayakan

Dalam menentukan perencanaan sebuah jaringan dilihat dari ketahanan sebuah perangkat dalam melakukan suatu operasi pada waktu yang ditentukan sehingga didapat efisiensi yang tinggi dari sebuah sistem maka dilakukan studi kelayakan terhadap suatu sistem yang bertujuan untuk menentukan perancangan terhadap sistem berikutnya.

Pada Area Pekanbaru yang tergabung dalam satu konfigurasi topologi *ring* dengan total keseluruhan *core* serat optik yang dipasang adalah 12 *core*, untuk menentukan pembagian *core* setiap STO berbeda dalam penanaman *core*nya. Ini disebabkan karena estimasi *bandwidth* yang berbeda dan penggunaan dari pelanggan yang juga berbeda. Dengan sistem *multiplexing* pada perangkat DWDM akan dihasilkan bahwa estimasi *bandwidth* dari *core* serat optik menghasilkan 10 GHz. Berikut Tabel kelayakan penggunaan *core* pada teknologi DWDM Area Pekanbaru.

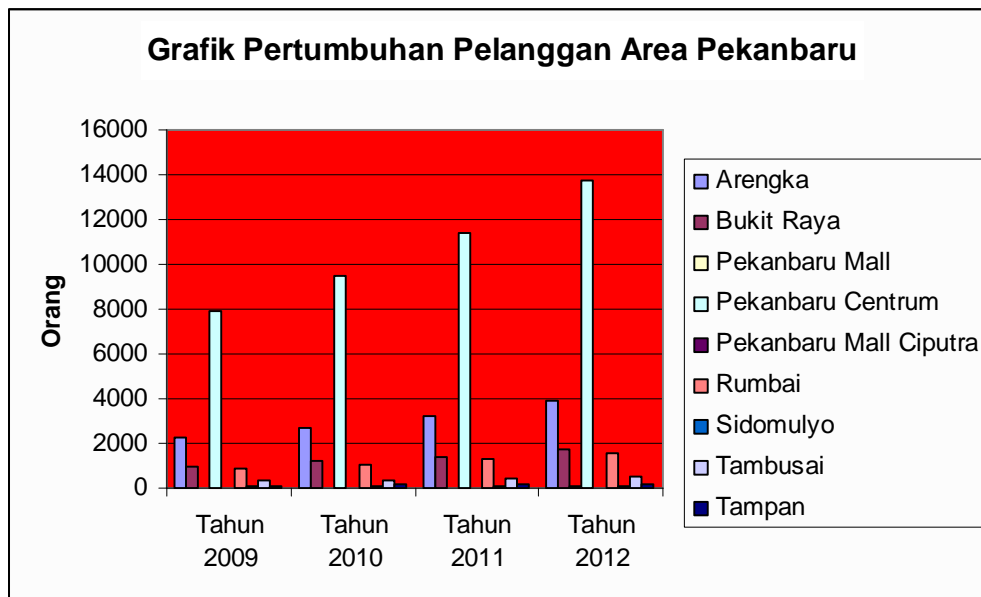
Tabel 3.5 Kebutuhan *core* Area Pekanbaru tahun 2009 sampai 2012

No	STO	Jumlah Core			
		Tahun 2009	Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012
1	Arengka	2	2	2	2
2	Bukit Raya	1	1	1	1
3	Pekanbaru Mall	1	1	1	1
4	Pekanbaru Centrum	3	3	3	3
5	Pekanbaru Mall Ciputra	1	1	1	1
6	Rumbai	1	1	1	1
7	Sidomulyo	1	1	1	1
8	Tambusai	1	1	1	1
9	Tampan	1	1	1	1
	Total	12 core	12 core	12 core	12 core

BAB IV

HASIL ANALISIS

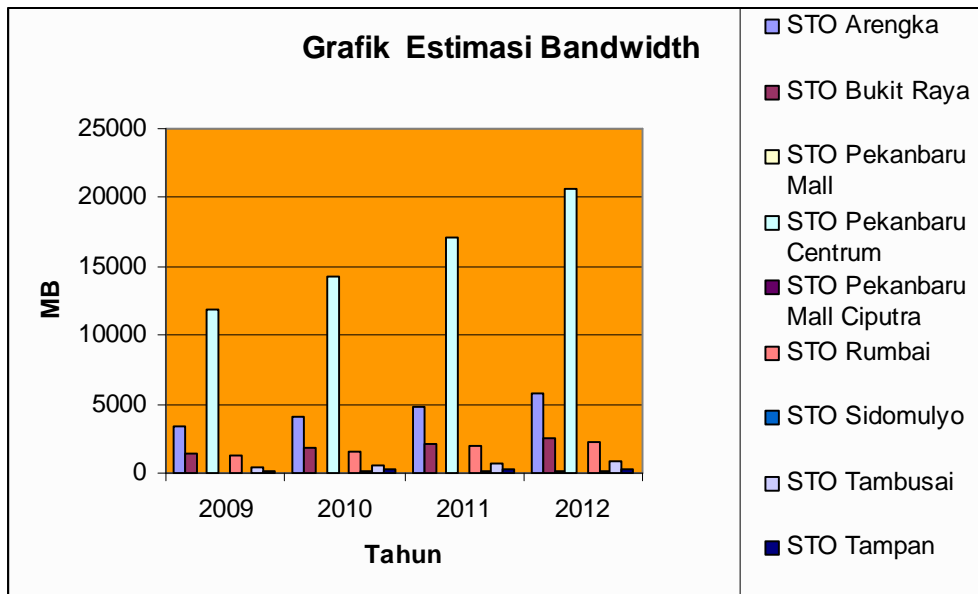
4.1 Pertumbuhan Pelanggan



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Pelanggan

Gambar 4.1 merupakan perencanaan pertumbuhan pelanggan pada masing-masing STO Area Pekanbaru yang mengalami kenaikan pertumbuhan dengan persentasi kenaikan 20 % dengan perhitungan 10 % kenaikan sebenarnya dan 10 % sebagai *backup* untuk mengantisipasi terjadi lonjatan pertumbuhan dari pelanggan. Dari sembilan STO yang ada Di Area Pekanbaru STO yang paling banyak memiliki pelanggan adalah STO Pekanbaru *Centrum* dan yang paling sedikit adalah Pekanbaru Mall ciputra. Dengan pertimbangan kenaikan pelanggan ini akan berdampak terhadap kebutuhan *bandwidth* pada setiap STO akan berbeda dan ini akan menjadi acuan untuk pemasangan *core* pada serat optik agar penggunaan suatu jaringan pada Area Pekanbaru lebih efisien.

4.2 Pertumbuhan Estimasi Bandwith



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan *Bandwidth*

Gambar 4.2 merupakan pertumbuhan estimasi *bandwidth* yang didapat dari penggunaan spesifikasi *bandwidth* yang dipakai oleh pelanggan yaitu data dengan estimasi *bandwidth* 1 Mb dan *Voice* adalah 0.5 Mb. Dari gambar 4.2 terlihat bahwa kenaikan estimasi *bandwidth* berhubungan dengan pertumbuhan kenaikan pelanggan yaitu semakin tinggi jumlah pelanggan maka akan berdampak pada pemakaian estimasi *bandwidth* yaitu penggunaan estimasi *bandwidth* terbesar adalah STO Pekanbaru *centrum* dan yang paling sedikit adalah STO Mall ciputra yang ditandai sedikitnya jumlah pelanggan.

Untuk itu setiap STO yang memiliki kebutuhan *bandwidth* yang besar maka pemasangan *core* serat optik akan lebih banyak sehingga kebutuhan samapai pada tahun yang ditentukan akan dipenuhi kebutuhannya.

4.3 Hasil analisis pemasangan *core*

Setelah dilakukan studi kelayakan terhadap perencanaan pemasangan *core* pada masing – masing STO yang ada pada Area Pekanbaru maka akan didapat persentase perbandingan jumlah pemakaian *bandwidth* yang dipakai terhadap jumlah pemasangan *core* yang dikenal dengan okupansi trafik.

Okupansi trafik akan berbeda setiap tahunnya disebabkan kenaikan estimasi *bandwidth* yang mengalami kenaikan. Setelah didapat okupansi trafik pada akhirnya akan didapat efisiensi sebuah sistem dari teknologi DWDM.

a. STO Arengka

Total *Bandwidth* Pada Tahun 2009 adalah 3384 byte = 3,384 MB

Jumlah *core* terpasang 2 *core* (1 *core* = 10 Giga) = 20 GHz

$$\begin{aligned}\text{Maka okupansi Traffic} &= \frac{\text{Total pemakaian bandwidth}}{\text{Total kapasitas bandwidth}} \times 100\% \\ &= \frac{3,384}{20} \times 100\% \\ &= 16,92 \%\end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapat Tabel 4.1

Berikut adalah hasil dari perhitungan persentase Okupansi trafik yang dinyatakan dengan table 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Okupansi *Traffic*

No	STO	Persentasi Okupansi Trafik (%)			
		Tahun 2009	Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012
1	Arengka	16,92	20,3	24,36	29,23
2	Bukit Raya	14,82	17,789	21,34	25,6
3	Pekanbaru Mall	0,42	0,51	0,61	0,72
4	Pekanbaru Centrum	39,6	47,5	57,09	68,5
5	Pekanbaru Mall Ciputra	0,21	0,24	0,28	0,34
6	Rumbai	13,38	16,05	19,26	23,12
7	Sidomulyo	0,69	0,82	0,99	1,19
8	Tambusai	4,82	5,78	6,94	8,32
9	Tampan	1,86	2,23	2,67	3,21

4.4 Efisiensi *Traffic*

Setelah dilakukan okupansi trafik maka akan di dapat nilai sisa penggunaan fiber yang dikenal dengan efisiensi,efisiensi ini di dapat dengan perbandingan antara sisa *core* di bagi dengan *core* dalam persentasi.

a. STO arengka

Total pemasangan *bandwidth* 20 *core* – total bandwith tahun 2009 (3,384) = 16,616

Total Pemasangan *bandwidth* = 20 GHz

Sisa pemakaian Bandwith = 16,616 MB

$$\begin{aligned}\text{Maka Efisiensi} &= \frac{\text{Sisa pemakaian bandwidth}}{\text{Total pemasangan bandwidth}} \times 100\% \\ &= \frac{16,616}{20} \times 100\% \\ &= 83,08 \%\end{aligned}$$

Maka Didapat Tabel sampai Tahun 2012

Berikut adalah hasil dari perhitungan persentase Efisiensi trafik yang dinyatakan dengan table 4.1 berikut:

Tabel 4.2 Hasil Efisiensi *Traffic*

No	STO	Persentase Efisiensi <i>Traffic</i> (%)			
		Tahun 2009	Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012
1	Arengka	83,08	79,7	75,64	70,77
2	Bukit Raya	85,18	82,22	78,66	74,4
3	Pekanbaru Mall	99,58	99,49	99,39	99,28
4	Pekanbaru Centrum	60,4	52,50	42,91	31,50
5	Pekanbaru Mall Ciputra	99,79	99,76	99,72	99,66
6	Rumbai	86,62	83,95	80,74	76,88
7	Sidomulyo	99,31	99,18	99,01	98,81
8	Tambusai	95,18	94,22	93,06	91,68
9	Tampan	98,14	97,77	97,33	96,79

4.5 Penambahan Perangkat

Selain melakukan studi kelayakan terhadap suatu sistem pada teknologi DWDM dalam merencanakan suatu jaringan dengan mempertimbangkan kenaikan pemakaian *bandwidth* pada tahun yang ditentukan, namun perlu dilakukan perubahan dan penambahan dari sisi perangkat sehingga menghasilkan kapasitas yang besar.(Lampiran)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa sistem dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Teknologi DWDM merupakan teknologi yang dapat menghasilkan kapasitas bandwidth yang besar sampai dengan Gbit
2. Proses transmisi optic dengan SDH membutuhkan harga yang mahal dalam menambah jaringan baru
3. Teknologi DWDM dapat digunakan untuk jaringan broadband
4. Dengan studi DWDM ini untuk wilayah Pekanbaru dan sekitarnya sampai tahun 2012 tidak ada penambahan jaringan baru.

5.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini masih terdapat hal – hal yang dapat dikembangkan dimasa yang akan datang dan juga menjadi bahan untuk penelitian berikutnya yaitu antara lain:

1. Agar pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan untuk spesifikasi data berupa video dengan estimasi bandwidth 2 Mbit
2. Agar dengan penelitian ini dapat menjadi acuan dalam menerapkan teknologi DWDM

DAFTAR PUSTAKA

- Awagral.,1997, *Fiber Optic Communication Systems*, 2nd ed, John Wiley & Sons. New York
- Anonymous, tanpa judul, http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/dwdm_test.pdf, di akses 02 Agustus 2009
- Anonymous, tanpa judul, <http://www.telecomweb.com/cgi/catalog>,di akses 02 Agustus 2009
- Anonymous, tanpa judul, <http://www.teracomm.com/productlines/rifocs/DWDM.pdf>, di akses 02 Agustus 2009
- Sudarmilah, Endah, 2002, *Jurnal Teknik Elektro Emitor Vol.2, No. 1*
- Hahn, Norbert dan Tirtaatmadja, Eddy 1995." *Optimizing the Long-Distance Network*". Dalam majalah *Telecom Asia*. Januari 1995. Hlm : 18.
- Saydam, Gauzali. 1997. *Prinsip Dasar Teknologi Jaringan Telekomunikasi*. Angkasa : Bandung
- Sadiku, Matthew N. O. 2002. *Optical and Wireless Communication*. CRC Press : Florida
- Telkom Training Centre," *Jawara- C*, Telkom Riau Daratan, 13 November 2009
- Palais J.C., 1993, *Fiber Optic Communication*, 2nd ed, Prentice Hall, New Jersey

